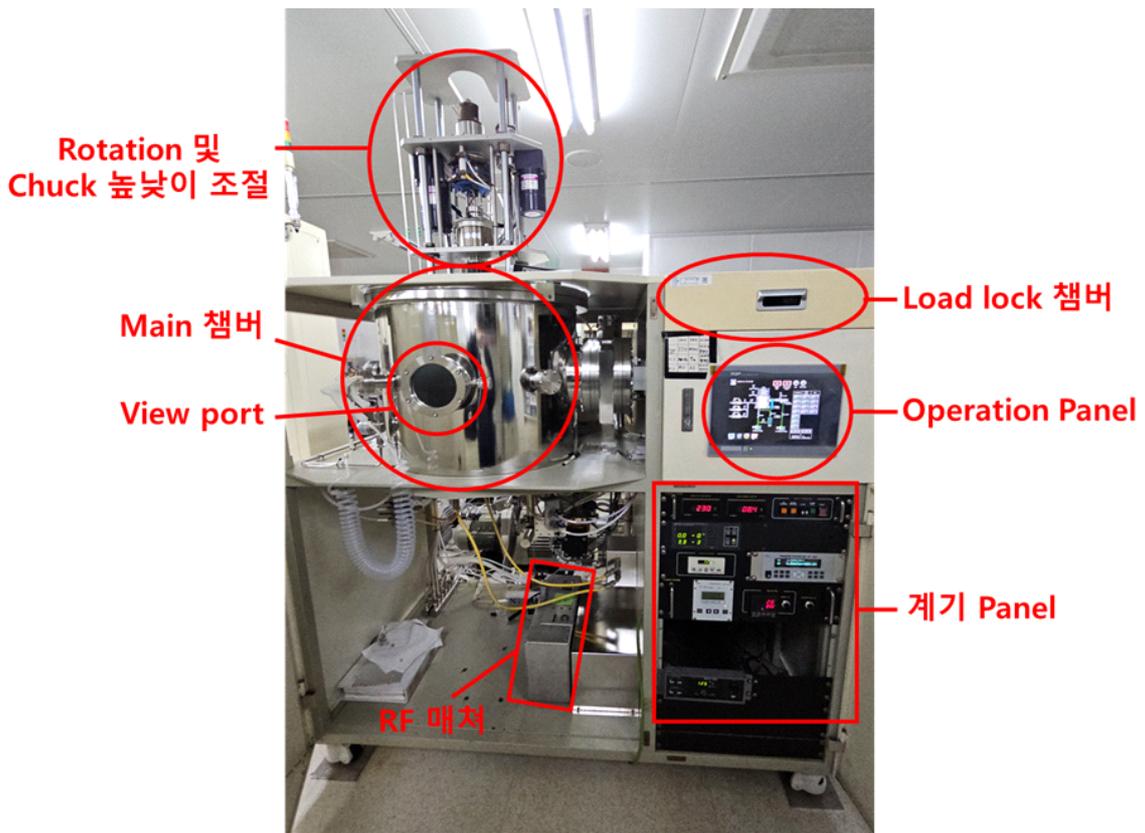
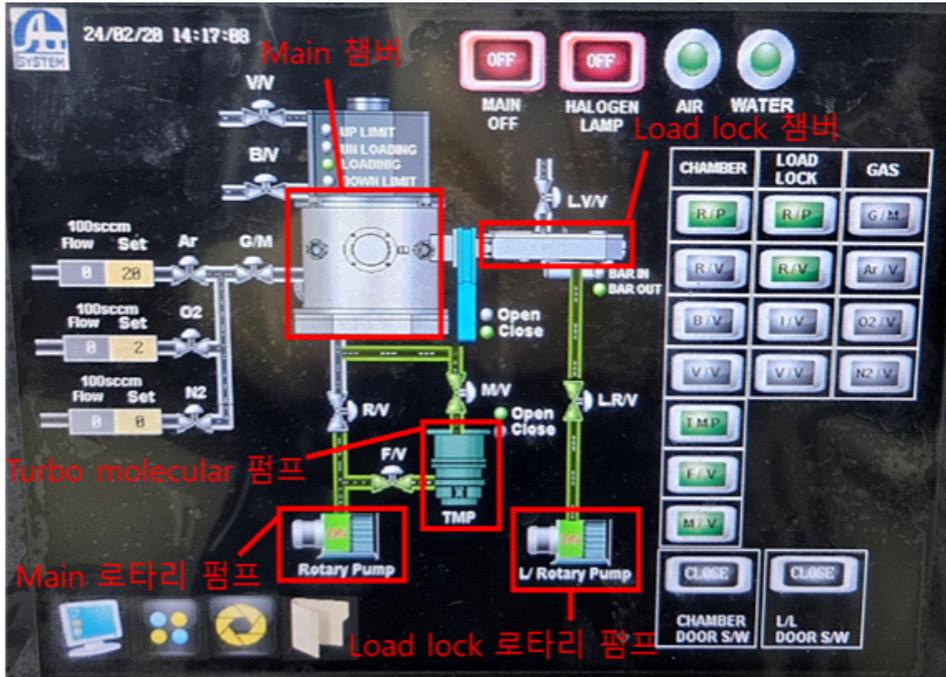


# [ 클린룸 4인치 스퍼터 매뉴얼 ]

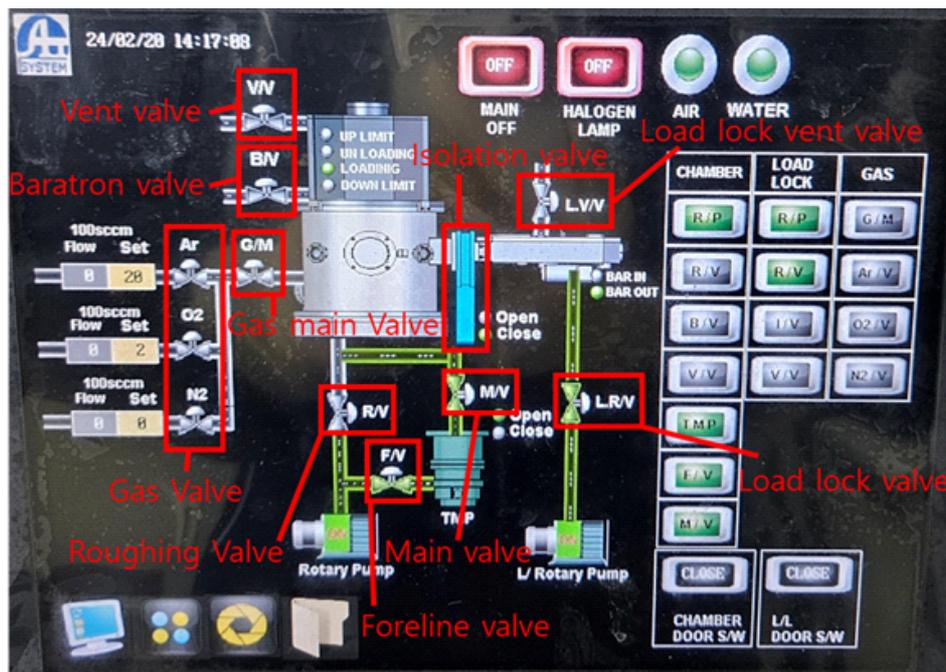
( 수정 : 2026.01.21. 황병설 )



[ 4인치 스퍼터 전체 구조 ]



[ 4인치 스퍼터 operation panel 구조 1 ]



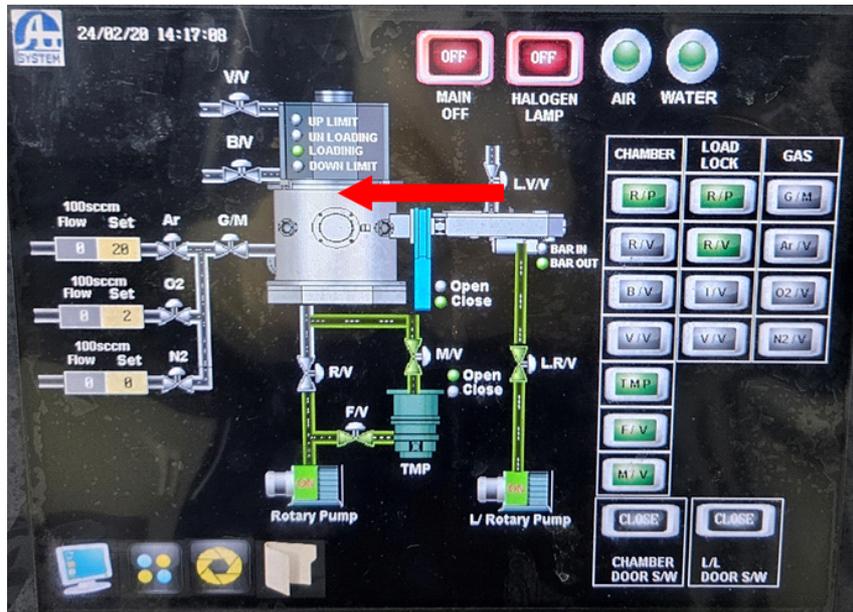
[ 4인치 스퍼터 operation panel 구조 2 ]



[ 4인치 스퍼터 operation panel 구조 3 ]



[ 4인치 스퍼터 operation panel 구조 3 ]



=> 위 그림을 보면, 우리 4인치 스퍼터는 로드락 챔버와 메인 챔버로 구분되기 때문에 로드락 챔버에 샘플을 넣고 메인 챔버로 이동시켜 증착을 진행하는 구조이다.

로드락 챔버가 있는 이유는 메인 챔버의 크기가 매우 크기 때문에 안정된 고진공을 뽑는데 약 하루 정도의 시간이 걸린다. 따라서 챔버의 크기가 작은 로드락 챔버에서 진공을 1차적으로 뽑아주고, 메인 챔버로 로딩시켜주면 증착 시간을 크게 단축시킬 수 있기 때문이다.

## [ 4인치 스퍼터 장비 가동 순서 ]

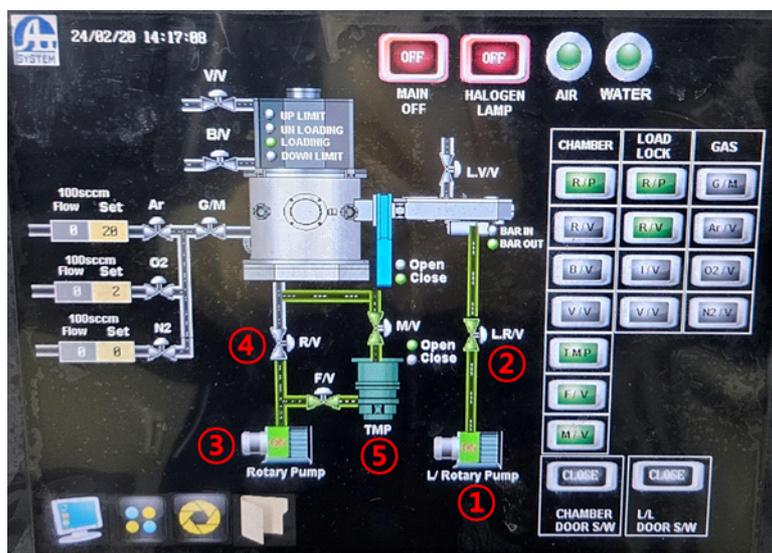
[1] 먼저, 장비 후면에 있는 main 전력 차단기를 켜준다.



[2] 장비 앞면에 있는 계기 패널에서 위 사진과 같이 safety interlock 에서 power를 on 해준다.



[3] 전원이 들어오면, operation panel에서 오른쪽 상단에 공압과 냉각수 경고등을 통해 정상적으로 공급되고 있는지 확인한다.



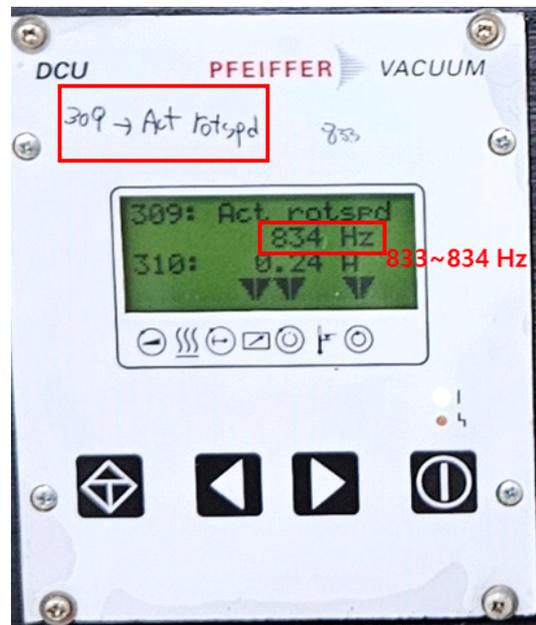
[4] 다음으로, 위 사진의 순서대로 로드락 챔버의 로타리 펌프를 가동

시키고 (1) 로드락 roughing valve를 열어 (2) 로드락 챔버의 진공을 뽑아준다.

[5] 메인 챔버의 로타리 펌프를 가동시키고 (3) 메인 roughing valve를 열어 (4) 메인 챔버의 진공을 뽑아준다.

이때는 로타리 펌프로만 진공을 뽑기 때문에 약  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  Torr 까지의 저진공이 뽑힌다.

[6] 저진공을 뽑는 동안 turbo molecular pump (TMP)를 켜서 (5) 펌프 터빈의 RPM을 올려 안정화시켜 준다.

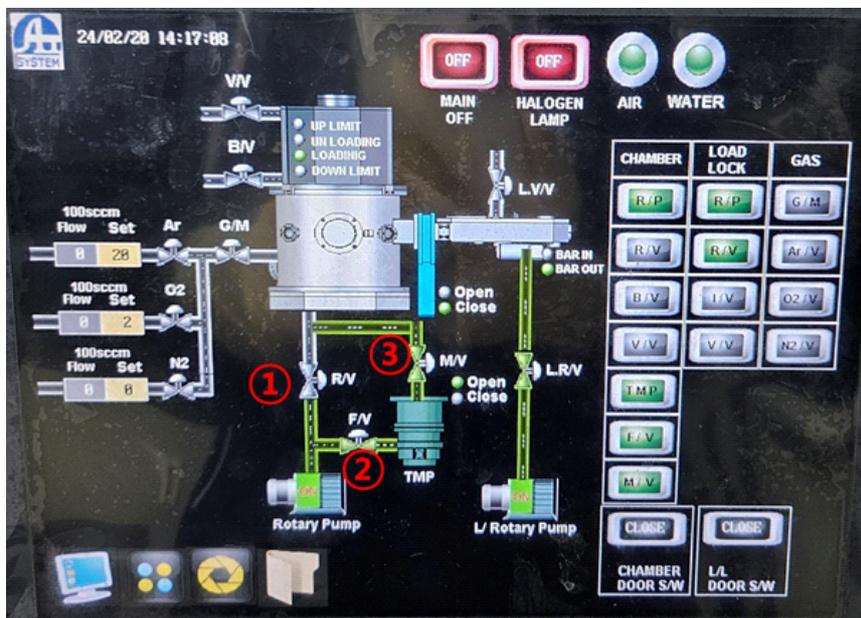


[7] 위 사진과 같이 계기 패널에 있는 TMP 컨트롤러의 Hz가 표시된 부분의 수치가 833 ~ 834 Hz으로 표시되어야 한다. 여기서 Hz는 TMP 내부의 터빈이 돌아가는 회전 수를 나타낸다.

장비를 처음 켤 때는 TMP 컨트롤러의 세팅이 초기화되어 있으므로 컨트롤러 윗부분에 적어놓은 (309 -> Act rotspd)로 맞춰줘야한다. 컨트롤러 아래 화살표를 눌러 세팅해 준다.



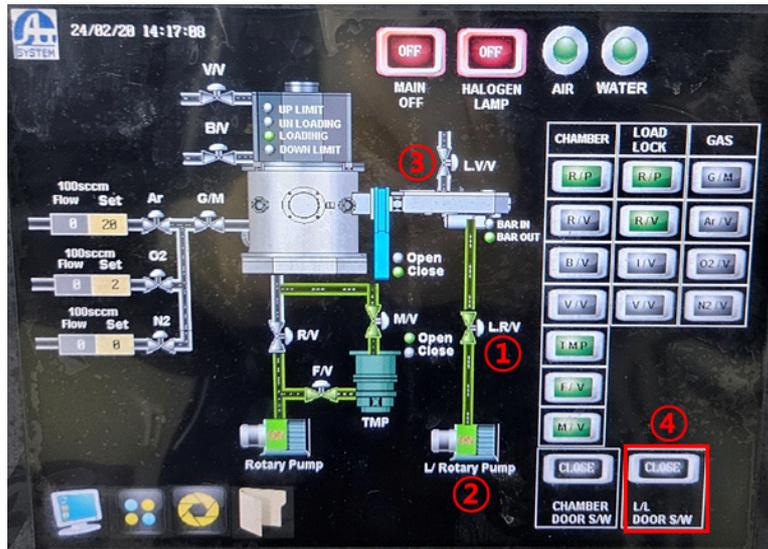
[8] 메인 챔버에 저진공이 충분히 뽑힌 것을 위 진공 게이지 컨트롤러 사진의 제일 아래 저진공 게이지를 통해 확인한다.  
 (약  $1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-2}$  Torr의 진공이 뽑히면 고진공으로 바꾼다.)



[9] 고진공으로 전환할 때는 반드시 (1)의 roughing valve를 닫고, (2)의 foreline valve를 연 후, (3)의 main valve를 열어 고진공으로 전환해주어야 한다.  
 (이후, 약  $2 \times 10^{-6}$  Torr의 고진공으로 안정화될 때까지 쪽 뽑아주면 장비 가동이 끝나게 된다.)

## [ 4인치 스퍼터 증착 순서 ]

[1] 증착할 샘플을 챔버에 넣기 위해 먼저 로드락 챔버에 질소를 넣어 진공을 풀어줘야 한다. 이를 벤트 (vent)라 한다.

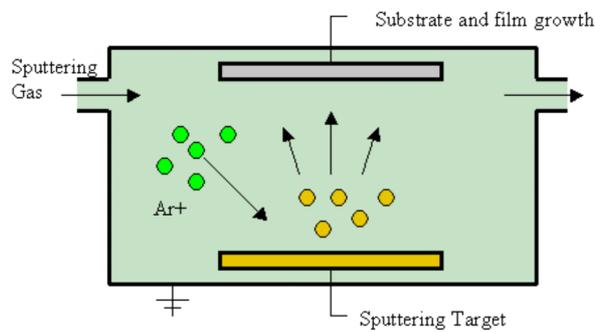


[2] 먼저 로드락 roughing valve를 닫고 (1), 로드락 로타리 펌프를 꺼준 후 (2), 로드락 벤트 밸브를 열어 질소를 주입해 (3) 외부의 압력과 동일하게 맞춰준다.

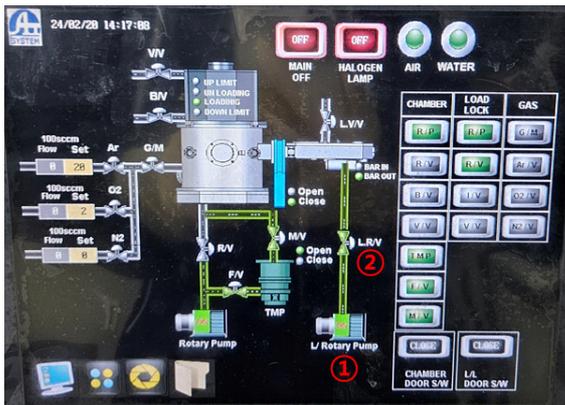


[3] 계기 패널의 로드락 게이지에서 진공이 잡혀있을 때는 위 사진과 같이 약 3.2 mTorr의 진공도이다.

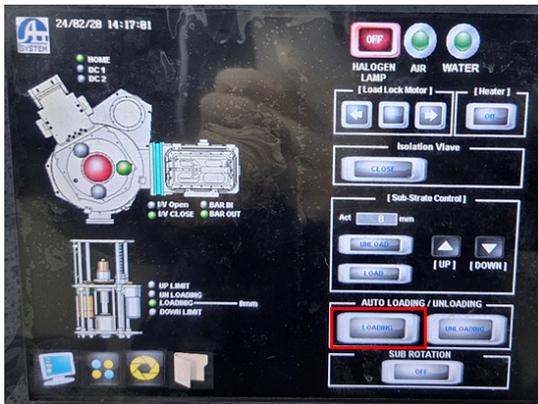
로드락 챔버를 벤트해주면 약 720 Torr의 수치까지 올라가게 되고 수치가 더 이상 올라가지 않으면 벤트 밸브를 닫아준다 (3). 이후 패널의 오른쪽 아래에 있는 L/L DOOR S/W 버튼을 통해 열어준다 (4).



[4] 로드락 내부의 chuck에 샘플을 올려주는데, 이때 증착이 챔버 하부에서 플라즈마가 형성되어 입자가 상부로 올라오며 증착이 되기 때문에 증착해야 하는 면이 아래로 향하게 하여 샘플을 올려둔다.



[5] 로드락 챔버의 진공을 잡기 위해 로드락 로타리 펌프를 켜고 (1), 로드락 Roughing valve를 열어 (2) 로드락 챔버 게이지 약 30 mTorr 이하까지 진공을 잡아준다.



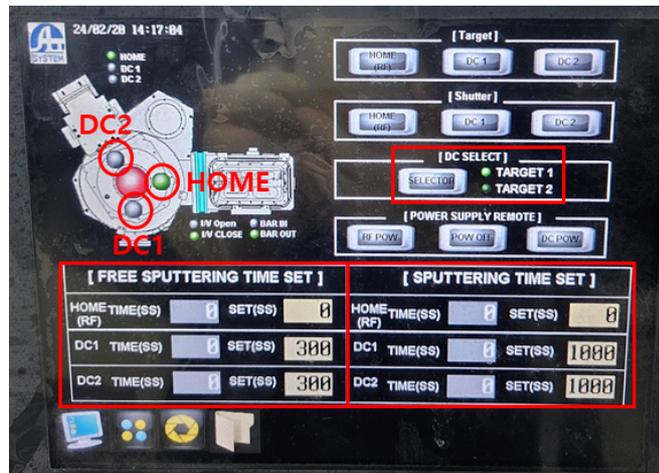
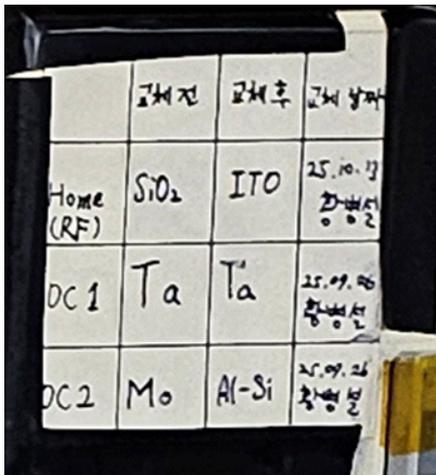
[6] 이후 샘플을 로드락 챔버에서 메인 챔버로 이동시켜주기 위해 위 사진의 loading 버튼을 누른다.

그러면 자동으로 로드락 챔버와 메인 챔버를 구분해주는 isolation valve가 열리고 샘플을 이동시켜준다. 샘플이 올려져있는 chuck을 메인 챔버의 chuck holder에 올려두면 로봇 암이 자동으로 로드락 챔버로 돌아오고 isolation valve가 닫힌다.

[7] 로드락에서 진공을 뽑긴 했지만 저진공으로 충분한 진공을 뽑지 못했다. 따라서 chuck이 메인 챔버에 들어간 이후에는, 잔여 파티클을 제거해주기 위해 적절히 진공을 더 뽑아준다.

[8] 이후 본격적인 증착을 진행하게 된다.

[9] 먼저 4인치 스퍼터에는 DC power 2개, RF power 1개로 총 3가지 물질을 증착할 수 있기 때문에, 자기가 증착할 물질이 어느 물질인지 확인한다.



[10] operation panel 옆에 있는 타겟 현황판을 보고 어느 물질이 있는지 확인한다. 이후 증착할 물질이 DC power를 사용하면 오른쪽 사진의 DC SELECT 버튼을 눌러 설정해준다. 증착할 물질이 산화물이면 따로 조작할 필요없다.

[11] 다음으로 아래쪽에 위치한 sputtering time을 설정해준다.

왼쪽에 있는 설정창은 메인 증착을 진행하기 전 타겟의 불순물을 제거해주는 과정인 pre sputtering을 설정할 수 있다. 타겟 위에 위치한 shutter를 통해 샘플에 sputtering 되지 않게 가려주고 진행한다.

오른쪽에 있는 설정창은 메인 증착 시간을 설정할 수 있다. pre sputtering이 끝나면 자동으로 shutter가 열리면서 넘어간다. 증착할 물질의 deposition rate를 통해 계산된 시간으로 설정하면 된다.

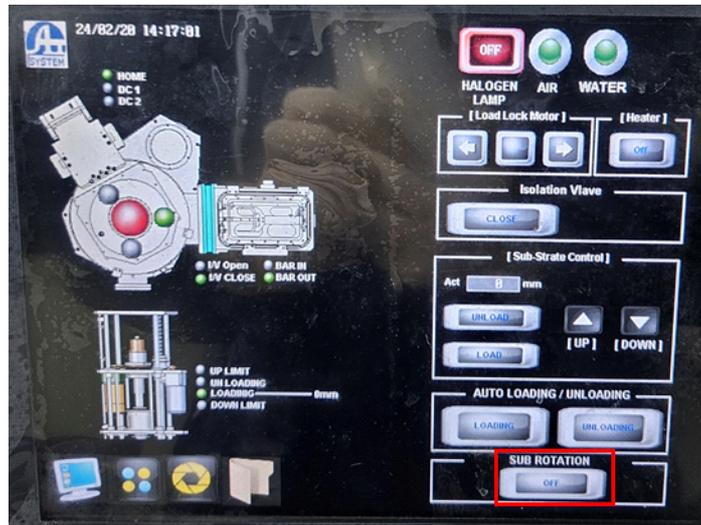


DC power 컨트롤러

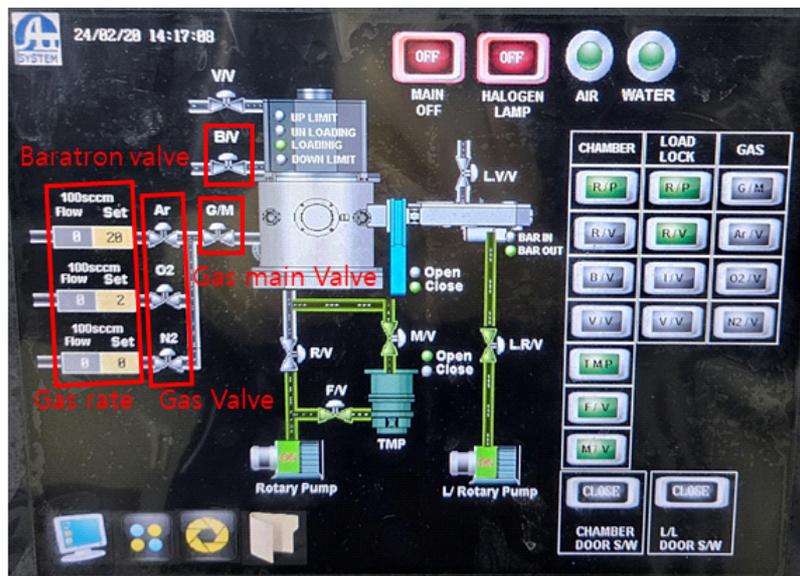


RF power 컨트롤러

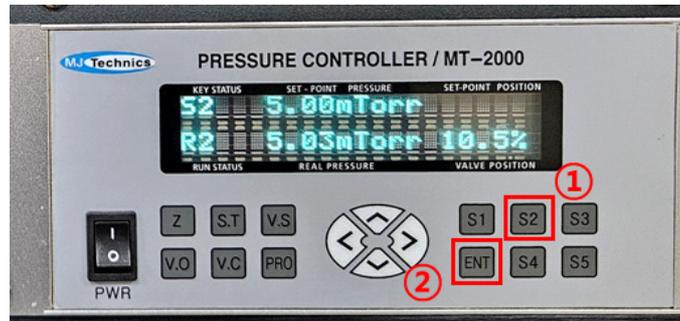
[12] 증착할 물질에 맞는 power를 위 사진에서 보이는 컨트롤러의 다이얼을 돌려 설정해준다.



[13] 위 사진의 rotation 버튼을 눌러 샘플을 회전시켜 준다. 이 기능을 사용하지 않으면 박막의 uniformity가 낮아지므로 증착 전 필수로 켜서 기판이 회전하는지 확인해주면 된다.

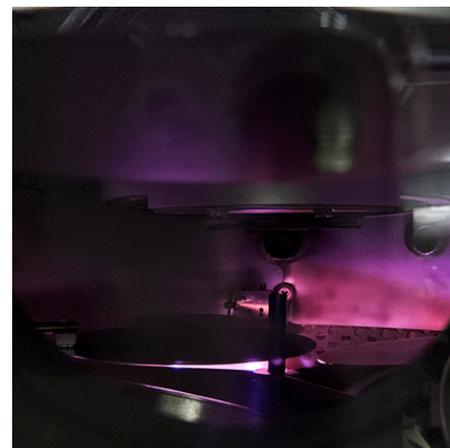


[14] 모든 설정이 끝나면 플라즈마를 형성하기 위한 가스를 주입한다. 위 사진의 가장 왼쪽 부분은 주입할 가스의 유량을 정하는 부분이다. 가스 유량을 설정하고, 가스 메인 밸브를 열어준다. 이후 주입할 가스 밸브를 열고, 바라트론 밸브를 열어준다. (바라트론 밸브는 가스 주입 후 정확한 압력 측정을 위한 바라트론 압력계를 보호하는 역할을 한다.)



[15] 이후 계기 패널의 압력 컨트롤러에서 메인 챔버 내부에 가스 주입 후 압력을 일정하게 유지해 주기 위해 미리 설정된 압력 값을 불러온다.

예를 들어 대부분의 증착 조건이 5 mTorr에서 진행되므로 5 mTorr 조건이 저장된 S2 버튼을 누르고 ENT (enter) 버튼을 누르면 압력이 고정된다.

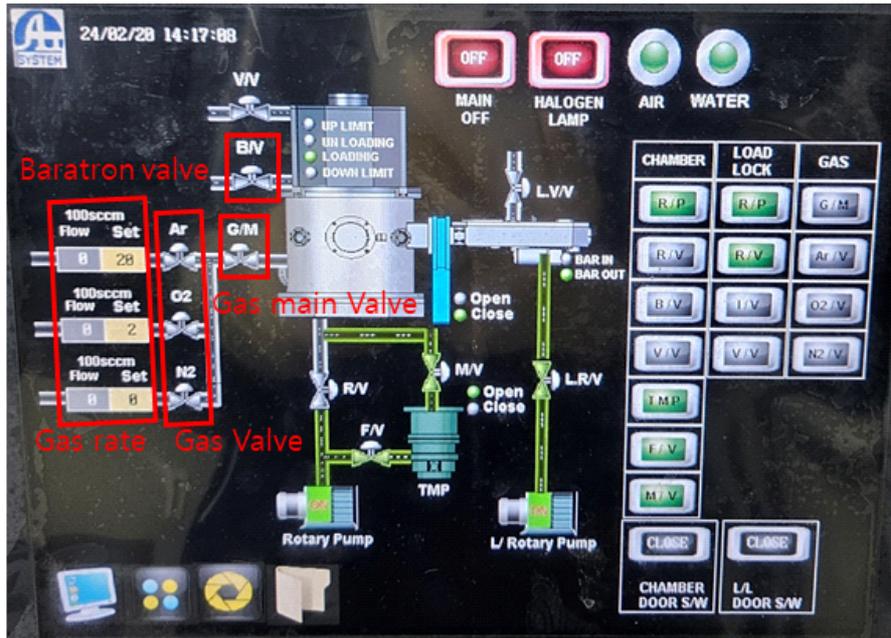


[16] 가스를 주입하고 압력 조절이 모두 끝나면 Ar을 이온화시켜 플라즈마를 형성하기 위해 DC/RF power를 인가해주면 된다.

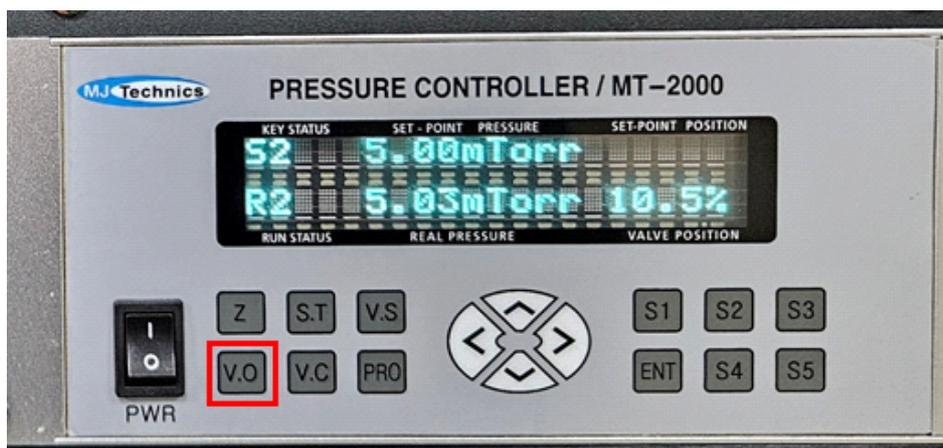
[17] power를 인가한 후 플라즈마가 잘 형성이 되는지 뷰포트를 통해 확인한다. 산화물 타겟의 경우 플라즈마가 잘 형성되지 않아 shutter를 열어야 형성되는 경우가 있다.

[18] 플라즈마가 중간에 꺼지지 않는지 확인하며 대기한다. 설정한 시간에 도달하면 자동으로 power가 꺼지고, shutter가 닫히면서 증착이 끝난다.

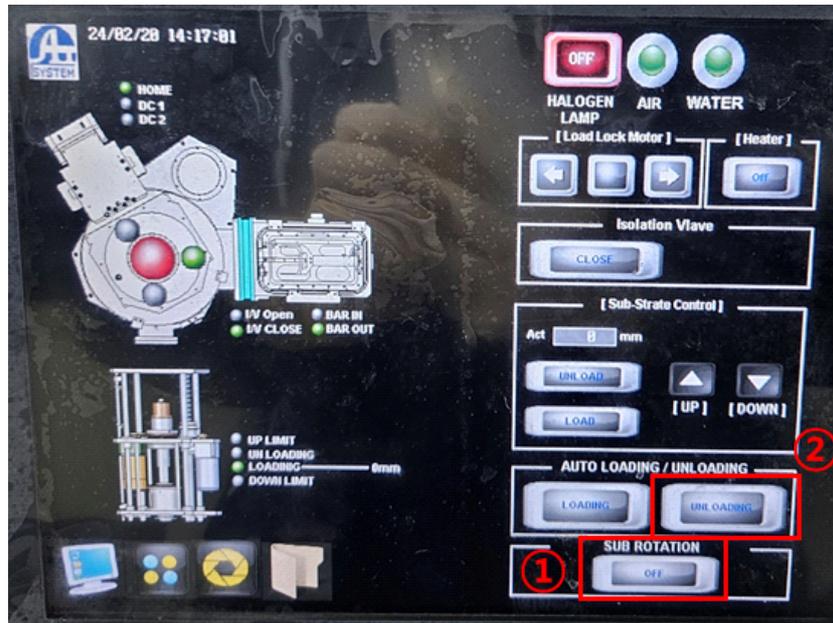
## [ 4인치 스퍼터 샘플 unload 순서 ]



[1] 증착이 끝나고 플라즈마가 꺼지면 주입되고 있는 가스를 꺼줘야 한다. 먼저 주입한 각 가스의 밸브를 닫고, 가스 메인 밸브를 닫아준다. 다음으로 바라트론 밸브를 닫는다.



[2] 이후 압력 컨트롤러의 V.O (valve open) 버튼을 눌러 우리가 설정한 압력으로 조절되어있는 밸브를 열어 챔버 내부의 가스를 배출시켜준다.

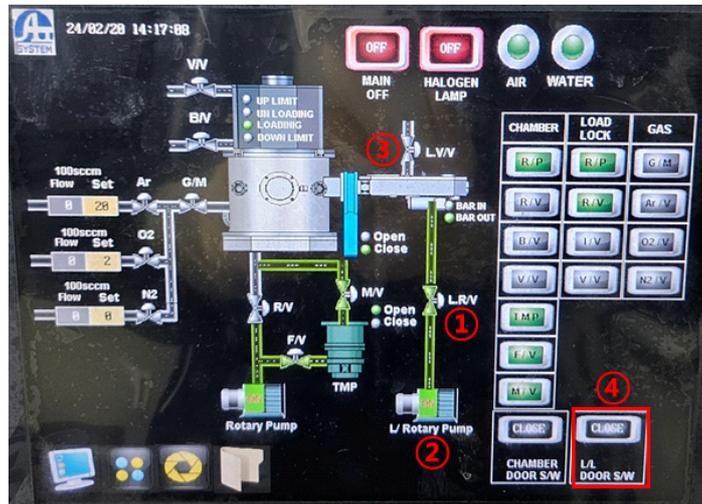


[3] rotation을 켜서 샘플이 회전하고 있으므로 rotation을 꺼준다 (1).

[4] 샘플이 올려져있는 chuck을 로드락 챔버로 옮기기 위해 unloading 버튼을 눌러준다 (2). loading 때와 마찬가지로 자동으로 isolation valve가 열리고 샘플이 로드락 챔버로 이동된다.



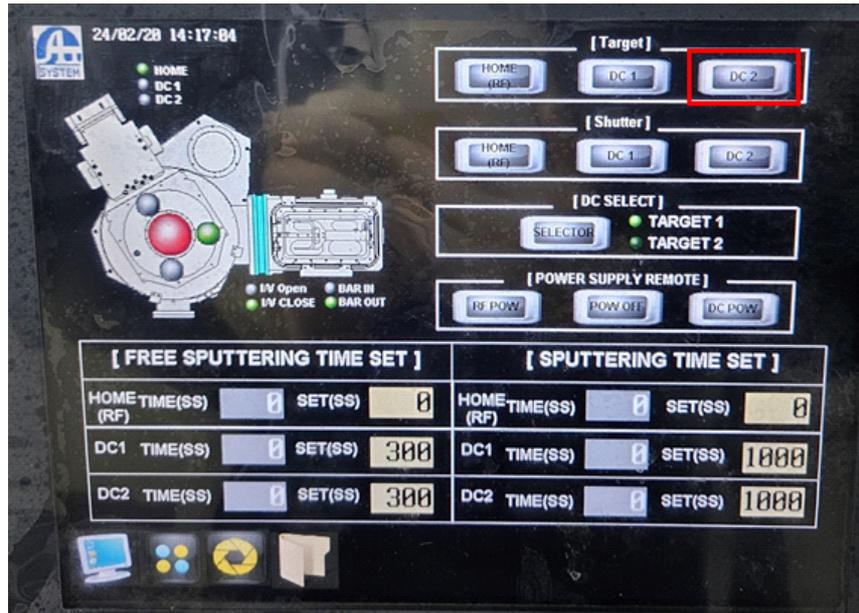
[5] 정상적으로 로드락 챔버에 샘플이 돌아왔는지 챔버 상부에 위치한 view port를 통해 확인해준다.



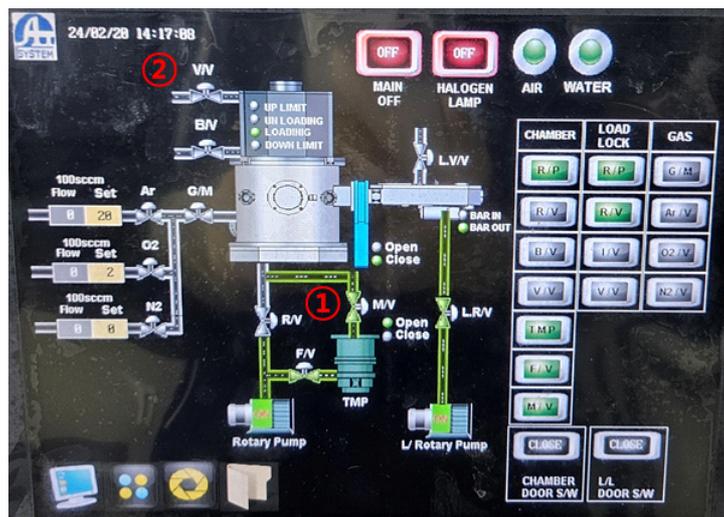
[6] 샘플이 정상적으로 unloading된 것을 확인한 후, 샘플을 넣을 때와 마찬가지로 위 사진의 순서대로 작동하여 로드락 챔버를 벤트하여 오픈하고 샘플을 꺼낸다.

[7] 샘플을 꺼낸 후 로드락 챔버를 닫고 (4) 다시 진공을 잡기 위해 로드락 펌프를 켜고 (2), L·R/V를 열면 (1) 마무리된다.

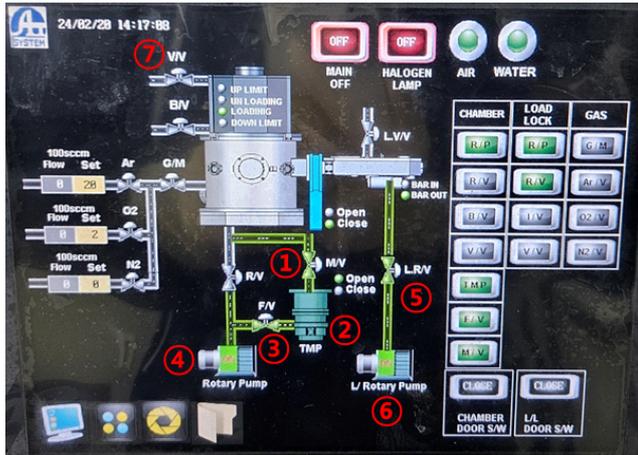
## [ 4인치 스퍼터 타겟 교체 순서 ]



[1] 타겟을 교체하기 위해서는 메인 챔버를 벤트 후 오픈해야 한다. 챔버 오픈을 위해서는 위 사진에서 DC2를 눌러 로테이션 모터가 DC2에 위치해있어야 한다. (4인치 스퍼터 개조 전 구조에 의해 이와 같이 프로그래밍 됨)

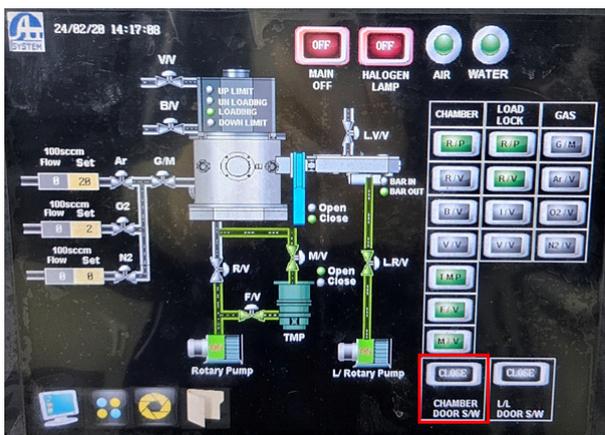


[2] 다음으로 메인 챔버에 진공을 잡고있기 때문에 메인 밸브를 닫아 펌프와의 연결을 닫아주고 (1), 메인 챔버의 벤트 밸브를 열어 벤트시킨다 (2).

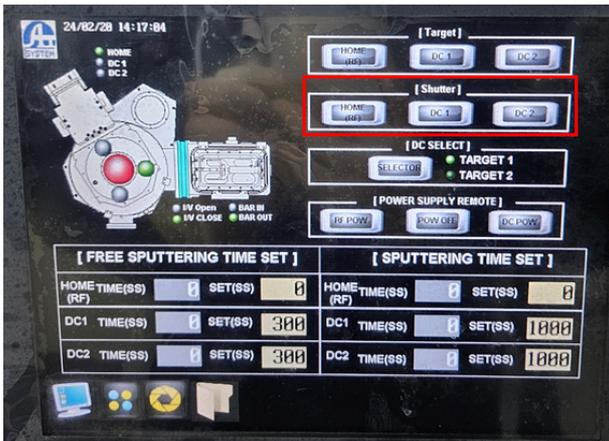


[2-1] 최근 장비의 노후화로 메인 밸브가 완벽하게 닫히지 않아 메인 밸브만 닫고 벤트를 하게 되면 TMP에 외부 공기가 들어가게 되면서 펌프가 고장날 가능성이 생겼다. 따라서 챔버 오픈 시에는 장비를 셧다운 시킨 후 진행하는 것이 안전하다.

위 사진의 순서대로 메인 밸브를 닫고 (1), TMP를 꺼준다 (2). 이후 TMP 터빈의 Hz가 300 Hz 정도까지 떨어진 후 foreline valve를 닫고 (3) 로타리 펌프까지 꺼준다 (4). 그리고 로드락 챔버의 R/V와 펌프를 끄고 (5, 6), 메인 챔버의 벤트 밸브를 열어준다 (7).



[3] 벤트가 끝나면 왼쪽 사진의 아래쪽 CHAMBER DOOR S/W 버튼을 눌러 챔버를 오픈한다. 챔버를 오픈해보면 오른쪽 사진과 같이 내부가 구성되어있다.



[4] 먼저 패널에서 교체할 타겟이 위치한 부분의 버튼을 눌러 셔터를 열어준다. 셔터를 열면 타겟 쉴드를 먼저 빼줘야 한다. 쉴드 아래 부분이 나사로 고정되어 있기 때문에 드라이버로 나사를 제거한 후 쉴드를 돌리면 뺄 수 있다.



[5] 위 사진은 타겟 쉴드를 제거한 후의 사진이다. 타겟이 타겟 홀더로 고정되어 있기 때문에, 이 역시 드라이버로 나사를 다 제거해주면 된다.

[6] 타겟을 교체했으면 역순으로 조립하면 된다. 타겟 홀더를 고정시킬 때 나사를 세게 조이면 타겟에 손상이 갈 수 있으므로 살짝 고정만 시켜주면 된다.

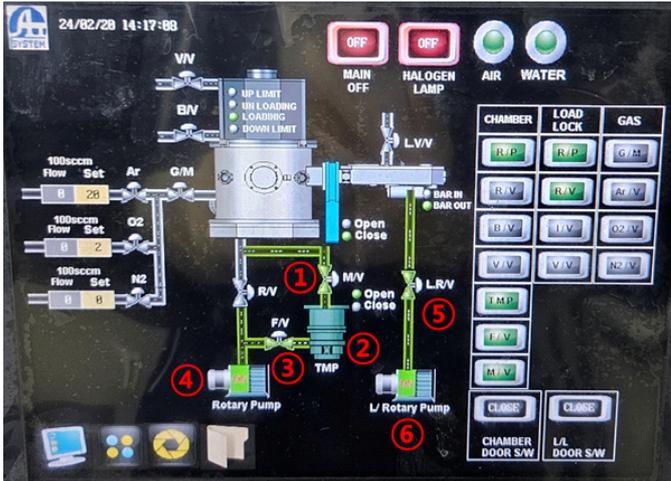


[7] 다음으로 타겟 쉘드는 불필요한 방전과 스퍼터링을 막아주는 역할을 하기 때문에 타겟과 약 5mm 정도 떨어지게 설계되어있다.

타겟 쉘드가 타겟에 붙어있게 되면 플라즈마가 형성되지 않는다. 따라서 타겟 쉘드 하부의 나사를 조일 때 쉘드를 손으로 잡아 약간 들어주고 나사를 조여야 한다. 이후 멀티미터로 위 사진과 같이 저항 측정을 해준다. (정상 : 수  $k\Omega$  ~ 수  $M\Omega$ , 비정상 : 수  $\Omega$  ~ 수백  $\Omega$ )

[8] 조립 후 CHAMBER DOOR S/W 버튼을 다시 누르면 챔버가 닫히고, 스퍼터 가동과 동일하게 진공을 잡아주면 된다. 이후 진공이 적당히 잡히면 꼭 플라즈마가 잘 형성되는지 확인해준다.

## [ 4인치 스퍼터 장비 셧다운 순서 ]



[1] 위 사진의 순서대로 메인 밸브를 닫고 (1), TMP를 꺼준다 (2). 이후 TMP 터빈의 Hz가 300 Hz 정도까지 떨어진 후 foreline valve를 닫고 (3) 로타리 펌프까지 꺼준다 (4). 그리고 로드락 챔버의 R/V를 닫고 (5) 로드락 로타리 펌프를 끈다 (6).

[2] 4인치 스퍼터의 셧다운의 경우 보통 1번까지만 해주면 된다.

[3] 완전 전력 차단을 위한 경우에는 장비 후면에 있는 전력 차단기를 내려주면 된다.